

DIVERSIDAD DE LA ARTROPOFAUNA EN MONOCULTIVO Y POLICULTIVO DE MAÍZ (*Zea mays*) Y HABICHUELA (*Phaseolus vulgaris*)

Janine Herrera

Departamento de Biología, Universidad del Valle, A.A 25360 Cali; correo electrónico: jahera@gmail.com

Patricia Cadena

correo electrónico: patoiviro@yahoo.com

Angélica Sanclemente

correo electrónico: sanangelma@gmail.com

RESUMEN

Las interacciones ecológicas presentes en agroecosistemas con cultivos establecidos por diferentes tipos funcionales de plantas (policultivos), permiten albergar una mayor diversidad de artrópodos, comparados con sistemas de monocultivos o sistemas unifuncionales. En este estudio se evaluó la diversidad de la artropofauna presente en lotes con monocultivo o policultivo de maíz (*Zea mays*) y habichuela (*Phaseolus vulgaris* L). Se muestrearon artrópodos en trampas de caída por un mes, y los datos se analizaron utilizando un análisis de varianza (ANOVA) y diferentes estimadores de Jack 1 y Bootstrap. Para los datos de hormigas (Hymenoptera: Formicidae) se usaron los índices ecológicos como Simpson, números de Hill, Shannon-Wiener y Pielou. Los estimadores mostraron que, en general, la mayor diversidad de artrópodos presentes estuvo en el policultivo, aunque el análisis de varianza con datos de abundancia, no mostró diferencias entre los sistemas de cultivo, quizás debido a la pequeña escala del experimento. La riqueza de morfoespecies dentro de cada orden que son similares entre los sistemas de cultivo sugieren un efecto de sitio además del efecto de tratamiento.

Palabras Clave: *Abundancia, riqueza, diversidad planeada, biota asociada, biota circundante.*

ABSTRACT

The ecological interactions present in agroecosystem with cultivated plant species of different functional types (polyculture), are important determinants of arthropods diversity, compared to monocultures or one functional type systems. The arthropod diversity in monoculture and polyculture systems was studied using corn (*Zea mays*) and bean (*Phaseolus vulgaris*). Statistical analyses were carried out using an analysis of variance (ANOVA) and different statistical estimators like Jack 1 and Bootstrap methods. To analyse data from ants sampling we used Simpson Diversity index, Shannon's index and the Hill's numbers. The estimators showed higher arthropods diversity present in polycultures compare with that of monocultures. However, the variance analysis determined that the differences in abundance between the crop systems were not significant, due to the small size of the plots in the present experiment, and the morphospecies richness (similar between the crop systems), suggests a site effect in addition to the treatment effect.

Key words: *abundance, richness, associated biota, surround biota.*

INTRODUCCIÓN

El sistema de cultivo (monocultivo o policultivo) puede influenciar sobre las propiedades y relaciones de los organismos microscópicos y macroscópicos presentes en un área, lo que puede afectar su estabilidad y funcionamiento. Es ampliamente aceptado que, el incremento geométrico en el uso de insumos químicos, así

como la presencia de monocultivos industriales, están relacionados con una alta producción en términos de rendimiento neto de biomasa, en particular al producto de consumo. Sin embargo, esta relación no es tan cierta en todos los casos. Rappaport (1971) citado por Swift et al (1996) mostraron que una huerta con varias especies plantadas, fue en términos energéticos más eficiente que un monocultivo.

La falta de crecimiento en la diversidad de especies está comúnmente acompañada por una mayor utilización e intervención intensificadas de una misma área de tierra, dado que por lo general, las condiciones ambientales se tornan más adversas para las especies nativas que se encuentran en el área de intensificación. Cuando de manera experimental se trabaja con diferentes modelos de cultivos, lo que se esperaría es que se registraran más especies de fauna asociada en los policultivos, ya que ofrecen mas recursos, además de crear condiciones ambientales moderadas para la supervivencia de un mayor número de organismos.

De igual forma existen casos en los que la diversidad manipulada de plantas afecta negativamente a los insectos presentes, se encuentra una menor abundancia de insectos en comunidades de plantas diversas (Pimentel 1961; Tahvanainen & Root 1972; Root 1973; Bach 1980^a; Risch 1981, citados por Haddad et al. 2001).

Dependiendo del policultivo particular y el sitio donde éste se encuentre, puede promover un incremento en la utilización de nutrientes en el control de plagas, y malezas y otras funciones de la agricultura, como la biodiversidad, que es dependiente del sistema (Rappaport 1971, citado por Swift et al 1996).

El presente estudio puso a prueba la hipótesis de que la diversidad de artrópodos asociados a un cultivo aumenta con la diversidad de plantas cultivadas. El estudio involucró la estimación de la biodiversidad alfa, la cual se refiere a la diversidad dentro de las comunidades, con el objetivo de entender cómo los modelos de cultivos pueden afectar la artropofauna asociada (en este caso a pequeña escala) mediante métodos basados en la cuantificación del número de especies presentes (riqueza específica), como son los métodos no paramétricos y basados en la estructura de la comunidad (Moreno 2001).

MATERIALES Y MÉTODOS

Área de Estudio

El estudio se realizó en la Estación Biológica Experimental ubicada en el Campus de la Universidad del Valle, sede Meléndez (3° 32' 22'' N y 76° 31' 57'' W, 976 m sobre el nivel del mar), municipio de Cali, Colombia. De acuerdo con sus características climáticas, la región se clasifica como Bosque Seco Tropical (bs-T), según el sistema de Holdridge (Álvarez-López et al. 1984).

Se trabajó con dos modelos de cultivo (Sol y Sombra) en los cuales se sembró habichuela y maíz. Cada modelo estaba constituido por tres sistemas de cultivo: monocultivos de habichuela, monocultivos de maíz y policultivos de las dos especies (Figura 1).

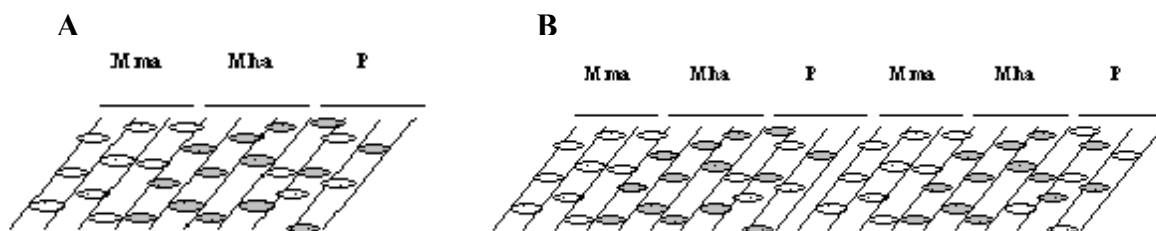


Figura 1A. Cultivo bajo sombra y **B.** Cultivo bajo Sol. Donde, **Mma**: monocultivo maíz; **Mha**: monocultivo habichuela y **P**: policultivo.

Para establecer el sistema de cultivo (tratamiento) se removió manualmente la tierra un mes antes de la siembra y tres meses antes del experimento en dos sitios diferentes de la estación experimental, uno bajo la sombra de árboles, situado a 50m de otro sitio sin sombra de árboles. En el modelo bajo sombra se sembró un bloque y en el modelo bajo sol se sembraron dos bloques. Cada bloque consistió de nueve eras, cada una de 0.5 m x 10 m, asignadas a tres tratamientos, cada uno consistente de tres eras contiguas. Para cada tratamiento se tuvo tres eras contiguas sembradas con a) solo maíz, b) solo habichuela y tres mas contiguas sembradas alternadamente cada 20 cm con mezcla de maíz y habichuela. En cada era se abrieron agujeros de ~ 3cm de profundidad separados 20cm uno del otro y se depositaron tres semillas por agujero. En cada bloque la ubicación de los tratamientos se asignó completamente al azar.

Muestreo

Dos meses después de la siembra se realizaron dos series de muestreos con trampas de caída (Pitfall) para determinar la riqueza y abundancia de la artopofauna asociada a los diferentes sistemas de cultivo, el primero se realizó en febrero del 2004 y el segundo en abril del mismo año.

En cada uno de los tratamientos y en una de las tres eras se situaron cinco trampas de caída, es decir 15 en cada uno de los sistemas de cultivo, para un total de 45. Cada trampa de caída consistió de un vaso plástico (5cm de diámetro y 5cm de profundidad con alcohol al 70%), enterrado en el suelo a ras (en la era). Las muestras, fueron recogidas una semana después de su ubicación y trasladadas al laboratorio de entomología, donde se realizó el reconocimiento morfológico pertinente.

Para el primer muestreo solo se tuvo en cuenta el número de individuos presentes (abundancia), mientras que para el segundo, se realizó una clasificación basada en los morfotipos encontrados y de esta manera se evaluó la diversidad de los sistemas de cultivos.

Análisis de Datos

Para determinar el comportamiento de los datos se realizaron gráficas de normalidad, utilizando el

programa de Statistica y una ANOVA simple para establecer si existían diferencias significativas entre los tres sistemas de cultivo mediante el programa SAS (v.6.2 Unix).

Aparte del análisis utilizado se consideraron estimadores no paramétricos para evaluar la riqueza de estos sistemas de cultivo.

Con el programa Estimate (V.5) se valoró la diversidad, calculando los índices Jack1 y Bootstrap. Para el caso de las hormigas (Hymenoptera: Formicidae), por ser el grupo más abundante en el estudio, se consideró utilizar los índices ecológicos convencionales (Simpson, Shannon y los números de Hill).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El total de individuos encontrados fue de 2112. Se observó que, en general, el policultivo registró la mayor abundancia (956) tanto en el modelo de sol como de sombra, seguido por los monocultivos de maíz (592) y habichuela (564) (Figura 2A). Es de resaltar que en este muestreo la mayor parte de la abundancia correspondió al modelo de sol (1162 individuos). Esto puede obedecer a dos posibles factores, uno es que los artrópodos del suelo son mas abundantes en agroecosistemas abiertos (al sol) que en aquellos bajo sombra o que, exista un efecto de sitio, debido a las condiciones del terreno circundante en la estación experimental. Matson et al. (1997), consideran que los cambios físicos, ecológicos y bioquímicos que se dan en un agroecosistema, tienen numerosas consecuencias para ecosistemas adyacentes e incluso distantes.

De la misma manera los ecosistemas vecinos pueden influenciar los agroecosistemas; el modelo sombra se encontraba en los linderos de la microestación muy cerca de la carretera contigua, donde el suelo de esta área puede ser más árido, mientras que el modelo sol se encontraba más al interior de la estación experimental en donde su fertilidad podría ser mayor. De hecho el desarrollo de los cultivos en la zona abierta fue mucho mayor que en la sombra y esto pudo haber atraído a una mayor fauna de artrópodos, por ser mas abundante el recurso de autótrofos.

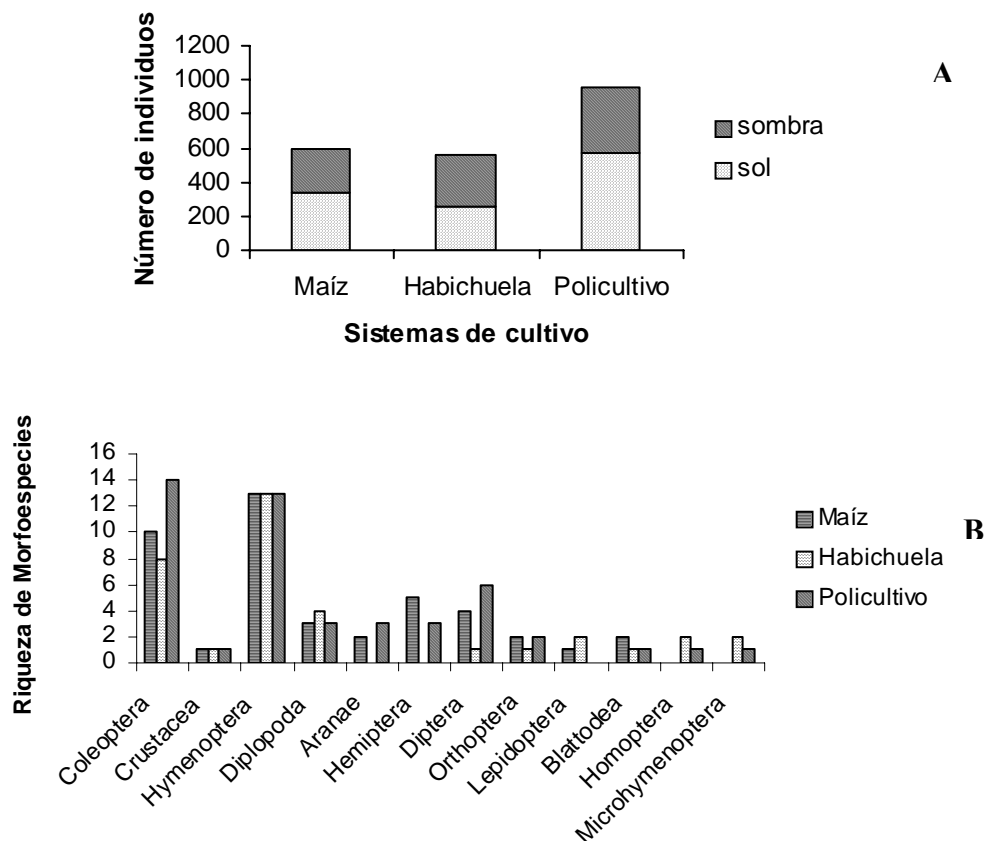


Figura 2A. Abundancia de artropodos para los muestreos con trampas de caída, en los dos modelos de cultivo (sol y sombra). **B.** Ordenes representativos presentes en los tres sistemas de cultivo.

Cuando se analizaron los resultados del número de morfotipos encontrados en cada uno de los sistemas de cultivo implementados, utilizando el estimador Jack 1 (Figura 3A) se observó que el policultivo era el más diverso, seguido por los monocultivos de maíz y habichuela. Estos dos últimos presentaron un comportamiento muy similar, teniendo en cuenta que el índice hace una aproximación del número de especies que aparecen solo una vez en la muestra, la suma de los dos podría interpretarse como más diversidad, siempre y cuando no exista solapamiento de los morfotipos registrados.

Para la muestra de diversidad de plantas analizadas por Palmer (1990) citado por Moreno (2001), el valor Jackknife de primer orden fue el estimador más preciso y menos sesgado de ocho métodos de extrapolación evaluados (Moreno 2001).

Así mismo, con Bootstrap se observó que el policultivo es el más diverso seguido por los monocultivos maíz y habichuela (Figura 3B), de acuerdo a que el índice se basa en riqueza, siendo policultivo el que más especies registró; sin embargo hay que tener en cuenta que en general para estimar la biodiversidad se deben contar con varios factores que nos muestren la mejor aproximación, la riqueza es solo uno de ellos.

Con los resultados obtenidos, el sistema de cultivo que se observó una mayor tendencia de diversidad asociada fue el policultivo. La artropofauna asociada se puede relacionar con el recurso que represente el tipo de cultivo, como lo sugirieron Matson et al. (1997) al considerar que la composición de plantas utilizadas en el cultivo (diversidad planeada) afecta no solo en términos de la producción si no también en el total de la

biodiversidad influenciando la composición y abundancia de la biota asociada. De esta manera si analizamos las condiciones de cada sistema de cultivo, tenemos que el policultivo ofrece una mayor variedad en el recurso, en cuanto al número de especies vegetales que alberga. Era de esperar que dado que la biomasa vegetal del policultivo

estaba adyacente a los dos monocultivos, también la riqueza y abundancia de artrópodos asociados estuviera entre estos dos tratamientos. Sin embargo tanto la abundancia (Figura 2A) como la riqueza de artrópodos (Figuras 3A y B) del suelo se observó mayor en el policultivo.

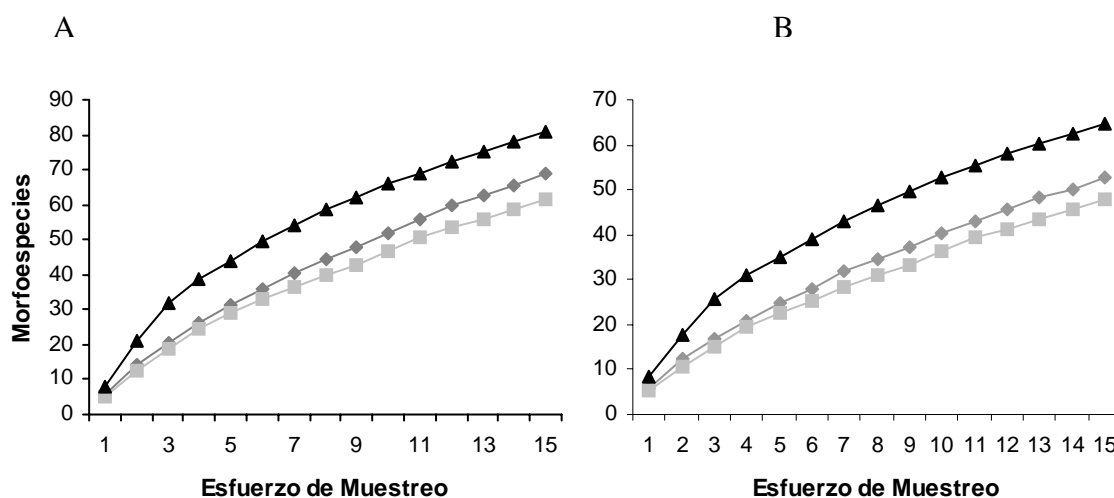


Figura 3. Riqueza de morfoespecies presentes en los sistemas de cultivos calculados mediante estimadores no paramétricos de **A.** Jack1 y **B.** Bootstrap.

A pesar de la tendencia observada, los datos obtenidos en el análisis de varianzas no muestra evidencia de diferencia significativas entre los sistemas de cultivo ($P=0.2097$). Con esto, se sugiere que el experimento se comportaba como un sistema de policultivo siendo además influenciado por la biota circundante lo que se explica por el fácil movimiento de artropofauna desde la zona alrededor hacia la zona de experimento así como dentro del mismo. Koricheva et al. (2000) encontraron que debido a la extensión reducida del área de experimentación se presentaba un movimiento considerable de herbívoros, que eran capaces de moverse de un hábitat a otro, disminuyendo así las diferencias entre los tratamientos evaluados. Matson et al. (1997), consideran que la estructura y la diversidad de agroecosistemas pueden influenciar el movimiento de vida salvaje entre sistemas naturales y agrícolas, afectando el uso de tal sistema.

Uno de los aspectos más importantes derivados de la presente investigación es que no siempre un sistema más diverso, presenta una mayor

diversidad de artrópodos asociada y puede depender de la escala y el contexto. Es importante resaltar que esto no siempre es válido y depende fundamentalmente de las características funcionales de las plantas que formen el sistema. Haddad et al. (2001) demostraron que la identidad de las especies de plantas determina la abundancia de los invertebrados, al igual que afecta diferentes procesos ecológicos dentro de los ecosistemas de pastos, procesos como la acumulación de biomasa, tasas de descomposición y humedad del suelo. Así, podría ser que los resultados de la diversidad de artrópodos son influenciados más por los efectos de la composición de las plantas que por los efectos de la diversidad de acuerdo al número de especies vegetales (Haddad et al. 2001)

La riqueza específica (S) es la forma más sencilla de medir la biodiversidad, ya que se basa únicamente en el número de especies presentes, sin tener en cuenta el valor de la importancia de las mismas. La mayoría de las veces tenemos que recurrir a índices de riqueza específica obtenidos a

partir de un muestreo de la comunidad (Moreno 2001).

El orden que presentó una mayor riqueza (S) en dos de los modelos de cultivos fue Hymenoptera, mientras que en el policultivo, Coleoptera fue el más representativo, seguido por Hymenoptera (Figura 2B).

En el caso del presente estudio, las especies de plantas representan marcadas diferencias en cuanto a su funcionalidad en el ecosistema, y en cuanto a sus características morfológicas, por lo que en conjunto podrían constituir un recurso atractivo a los artrópodos que se encontraban en la flora de alrededor, se tiene en cuenta que los artrópodos muestreados deben tomarse como oportunistas frente al recurso que se ofreció temporalmente.

La riqueza de morfoespecies registradas para cada orden en los sistemas de cultivo fue alta teniendo en cuenta la baja escala espacial. La diversidad vegetal de la estación experimental pudo haber influido en la alta diversidad de artrópodos encontrada en el experimento. Se resalta la importancia de los órdenes cuya riqueza fue notablemente mayor comparada con la de los demás, los cuales en general, son órdenes diversos, de gran movilidad, oportunistas, que les permite aprovechar el recurso ofrecido. Además, estos órdenes poseen varios representantes depredadores y parasitoides, y es destacable que estos sean más abundantes que otros órdenes de herbívoros. Se podría sugerir para un futuro tomar datos de gremios en ambos muestreos para conocer cómo cambian a través del tiempo.

En el caso de las hormigas, ubicadas dentro del grupo más representativo se observó que eran más

abundantes en el policultivo, que cualquiera de los dos monocultivos, (Figura 4), de estas las subfamilias más abundantes son Myrmicinae y Ponerinae, (Figura 5) que también siguen el mismo patrón de abundancia en el policultivo (Figura 4). Esto era de esperar ya que Myrmicinae es una subfamilia muy diversa (Holldobler & Wilson 1990; Armbrecht 1996). Similares resultados se encontraron en el trabajo realizado en diferentes tipos de cultivo de cafetal en Apía (Risaralda) (Rivera & Armbrecht 2005). En la Figura 4, cabe resaltar la mayor abundancia de hormigas poneromorfas que son cazadoras, presentes en el policultivo, del cual se podría inferir que en este modelo de cultivo existen importantes relaciones tróficas.

Los estimadores no paramétricos de abundancia de hormigas mostraron que en habichuela el índice de diversidad (H') de hormigas fue 2.11 de 2.56 (Tabla 1) que es la máxima diversidad que podría alcanzar, debido a que tiene un número de especies abundantes y muy abundantes en las muestras con respecto a los otros tipo de muestreo. Esto se observa con los números de Hill. En segundo lugar se encuentra el policultivo que aunque tiene el mismo número de especies que el cultivo de habichuela, es menos equitativo, debido al mayor número de especies dominantes y tiene una menor diversidad.

Estos resultados muestran que los índices ecológicos de Formicidae no se comportaron de igual manera que aquellos por subfamilia (Figura 4) posiblemente por que las hormigas son organismos de desplazamiento rápido. Esto sugiere que se requiere escalas espaciales mayores (en cada tratamiento) para lograr más fuerza en las conclusiones.

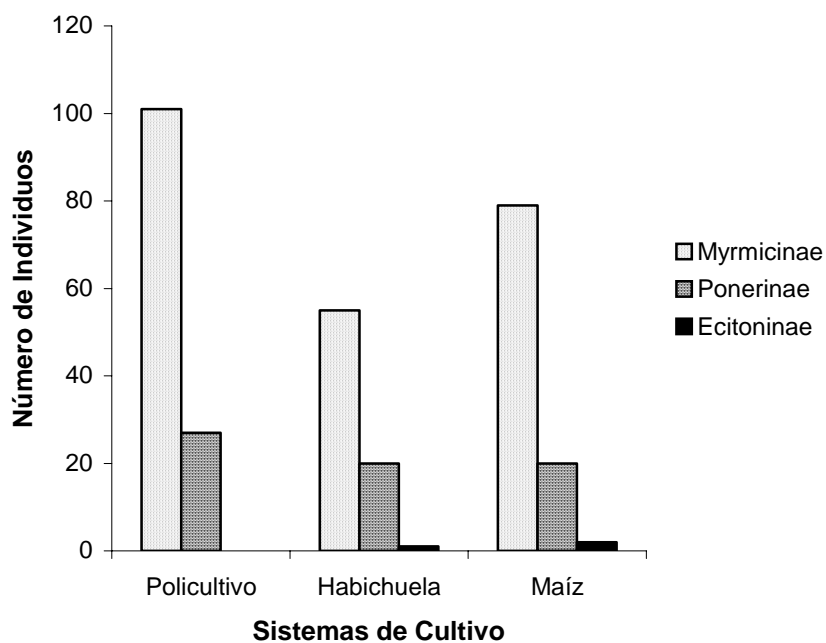


Figura 4. Distribución de las tres subfamilias de Formicidae más abundantes en los diferentes tipos de cultivos.

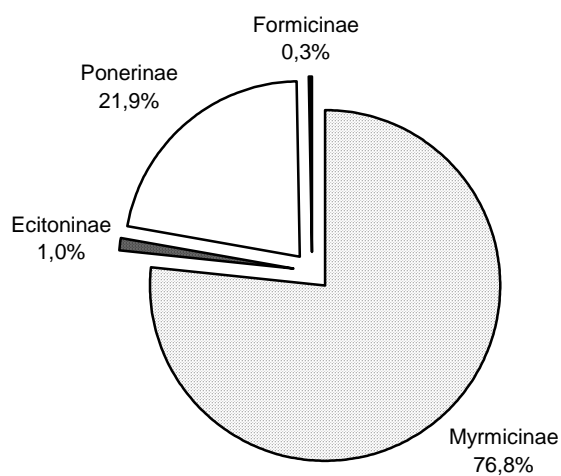


Figura 5. Subfamilias de hormigas observadas con mayor frecuencia en los tres sistemas de cultivos.

Tabla 1. Índices de Biodiversidad de hormigas. N_0 , N_1 y N_2 : Números de Hill, en el que 0 es el total de morfoespecies encontradas, 1 es el número de morfoespecies abundantes y 2 muy abundantes; J' : índice de equitabilidad de Pielou; E : Razón modificada de Hill; λ : índice de dominancia de Simpson; H' y H_{\max} : índice de diversidad de Shannon.

Tipo de Cultivo	N_0	N_1	N_2	J'	E	λ	H'	H_{\max}
Monocultivo Habichuela	13	8.24	5.88	0.82	0.69	0.17	2.11	2.56
Monocultivo Maíz	12	5.87	3.53	0.71	0.51	0.28	1.77	2.48
Policultivo	13	5.58	3.70	0.67	0.58	0.27	1.72	2.56

CONCLUSIONES

El sistema de policultivo se observó con mayor diversidad asociada, lo que sugiere un efecto de la biodiversidad planeada sobre la asociada, es decir, aquella que a un nivel ecológico puede promover la biodiversidad a otro nivel. Posiblemente la alta diversidad de los cultivos se relaciona con la alta diversidad en el sitio de estudio lo cual influencia las relaciones bióticas y abióticas.

De todos los órdenes trabajados se encontró que el mejor representado en el muestreo fue Hymenoptera, siendo uno de los ordenes más cosmopolitas con mayor diversidad de especies, y esto se comprobó mediante los diferentes índices utilizados para estimar la biodiversidad asociada a cada uno de los sistemas de cultivo.

Al momento de emplear uno o varios índices para medir la biodiversidad de una zona de estudio, es necesario analizar cual es el índice que se ajusta

mejor a los datos obtenidos, en miras de lograr una estimación más acertada. Los índices se consideran teniendo en cuenta el número, la equitabilidad y la abundancia de las especies, además de cuales índices se acomodan mejor al tamaño de muestra trabajado.

AGRADECIMIENTOS

Las autoras agradecen a la profesora Inge Armbrrecht, al departamento de Biología, Universidad del Valle, por el diseño y la supervisión del estudio durante el curso de Agroecología en 2004. Agradecen además a tres revisores anonimos por sus correcciones y comentarios a las versiones previas. Así como a los compañeros de agroecología por su colaboración. Finalmente agradecemos a nuestro amigo Carlos A. Cultid por su colaboración y consejo en la parte estadística.

LITERATURA CITADA

- Álvarez-López, H., M.D. Heredia-Flores & M.C. Hernández-Pizarro. 1984. Reproducción del cucarachero común (*Troglodytes aedon*, Aves Troglodytidae) en el Valle del Cauca. *Caldasia* 14 (66):85-124.
- Armbrrecht, I. 1996. Análisis de la diversidad del ensamblaje de hormigas en fragmentos de bosque seco en el Valle del Cauca, Colombia. Tesis de maestría. Universidad del Valle. Facultad de Ciencias Biología.
- Haddad, N.M., D. Tilman, J. Harstad, M. Ritchie & J.M.H. Knops. 2001. Constrasting effects of plant richness and composition on insects communities: a field experiment. *The American Naturalist*, 158: 17-35
- Holldobler, B. & E.O. Wilson. 1990. *The Ants*. Harvard University Press. Springer-Verlag. Berlin, Heidelberg.
- Koricheva, J., C. Mulder, B. Schmid, J. Joshi & K. Huss-Danell. 2000. Numerical responses of different trophic groups of invertebrates to manipulations of plant diversity in grasslands. *Oecologia* 125: 271-282
- Ludwig, J.A. & J. Reynolds. 1988. *Statistical ecology: a primer on methods and computing*. Wiley, New York.

- Matson, P.A., W.J. Parton, A.G. Power, & M.J. Swift. 1997. Agricultural intensification and ecosystem properties. *Science* 277: 504-509.
- Moreno, E. C. 2001. Manual de métodos para medir la biodiversidad . México: Universidad Veracruzana.
- Rivera, L. & I. Armbrrecht. 2005. Diversidad de tres gremios de hormigas en cafetales de sombra, de sol y bosques de Risaralda. *Revista Colombiana de Entomología* 31(1):2005.
- Swift. M.J., P.S. Vandermeer, J.M. Ramakrishnan, C.K. Anderson., ONG & B.A. Hawkins. 1996. Biodiversity and agroecosystem function. Pp. 261-298, en *Functional Roles of Biodiversity: A Global Perspective*. (H.A. Mooney, J.H. Cushman, E. Medina, O.E. Sala & E.D. Schulze, eds). John Wiley & Sons Ltd.